

交さ丸棒ギャップにおける高電圧放電現象(Ⅱ)

庄 田 新 一 ・ 斎 藤 寿 良

工 学 部 電 気 工 学 科

概 要

空気中である距離をもって導体が交さしているとき、上部の導体を二本にしこれに高電圧を印加し、その高電圧を印加する二本の電極間の距離と、交さしている上下の電極間の距離をそれぞれいろいろに変化して、上下の電極間に衝撃電圧を印加したときの空気の絶縁破壊電圧を求めた。

1. ま え が き

送電線のように平行にならんでいる導体間のコロナ放電や火花放電等についての実験や理論は数多く発表されてきたが、空気中である距離をへだてて交さしている二つの導体間の放電現象を調べたものは割合に少ないので、これについての二三の実験を行い既に報告した。⁽¹⁾

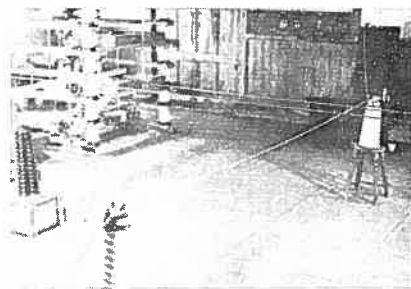
しかしながらその報告でも述べたように電力系統の電圧を益々高くして、電力の輸送を行わんとするのが世界の電力界の現況である。電圧を高くしたとき問題となる点は送電線の機械的強度、絶縁レベル、コロナ損、誘導障害等であるといわれている。これらの事項を総合して考えてみた結果として、超高圧送電線においては複導体方式が良好な性質をもつことが認められ、欧州諸国で採用され我が国でも近年採用されてきている。

そこで我々は前に報告した実験にならい複導体が鉄塔の腕金等と交さしているときの状態を考え、これに雷のような波形をもった衝撃電圧が加えられたならばどんな放電特性を示すかを調べてみた。すなわち前回に報告した交さ二導体（空気中である距離でへだてられて交さしている二つの導体をいう）のうち、上部に位置しており高電圧が印加される方の導体を二本として実験を試みた。勿論我々の学校に設備してある試験装置は現今の超高圧送電線の電圧に対しては余りにも貧弱で、不十分の試験しか行いえないが、交さしている複導体の衝撃電圧による絶縁破壊現象の一端をもつかめるならばと考え実験を行ってみた。

2. 実 験 装 置

2.1. 交さ丸棒電極

第1図に電極の写真を示したが、その直径は1cm、長さは400cmの三本の銅円筒を使用した。上部の二本の電極を平行な二導体としこれに高電圧電源を接続し、この平行二導体と空中で交さする一本の下部導体を接地電極とした。上下の電極間の距離（以下本文ではこれをギャップ



第1図 交さ丸棒電極

という)を変えるのには上部の平行二導体を上下に移動して行い、交さの角度は 90° 一定として実験を行った。また電極の支持点間の距離は上部電極が 300cm 下部電極が 350cm である。

実験は両電極間のギャップを変えることにより、平行二導体と交さしている一導間体の空気の絶縁破壊の様子を調べることを行った。もちろん上部の平行二導体間の距離を変えてもギャップ間のフラッシオーバの特性は変化するので、上部の平行二導体間の距離を変化させると同時にギャップを変えて絶縁破壊の特性を求めた。

2.2. 衝撃電圧発生装置

商用周波電圧では試験用変圧器の関係で十分な高電圧をうることができなかったので、実験はすべて衝撃電圧を用いて行った。

第2図に実験に使用した衝撃電圧発生装置を示した。

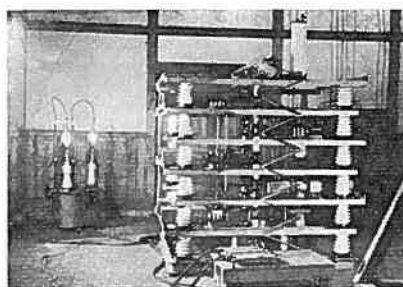
方式：二並列直列充電方式

電圧： 500kV

極性：正極性

波形： $1.2 \times 41.6\mu\text{S}$

波形は高速度ブラウン管オシログラフで撮影したオシログラフより求めたもので、我が国の衝撃電圧の標準波形 (1×40) μS の許容誤差内に入っている。



第2図 衝撃電圧発生装置

その他のこの装置の回路や電圧の較正法等については前報告⁽¹⁾を参照されたい。

3. 実験結果

火花電圧値としては50%フラッシオーバ電圧値を実験で求め、標準状態（気圧： 760mm Hg , 温度： 20°C ）の値 V_n に換算したものをを用いた。湿度は一応測定して記録はしたが湿度による火花放電値の補正についてははっきりした規定がないので行わなかった。

第3～6図にこの実験結果を示した。各図には比較のため、上部の二導体をくっつけた場合と、上部の電極を二導体でなく一本にした場合も示してある。

前回の報告において交さした円筒導体間の衝撃電圧によるフラッシオーバ電圧値は、交さの角度が小さくなるにつれて低くなることをのべ、その理由としては放電値として50%放電値を採用しているため、交さ角が直角またはそれに近いときの放電は大部分がギャップの狭い中央点でだけフラッシオーバしてしまうのに対し、交さ角度が小さくなれば中央点附近の距離も中央点のギャップと大差なくなり、火花放電を行う確率がふえることによるものと推論した。

今回の実験においては高電圧側の電極を二本にふやしたのであるから現想的に考えるならば、電位の傾きの最大の点が二点になった訳で、高電圧側の電極が一本の場合よりも放電する機会が増えたことになり50%放電値が低くなるとも考えられたので、高電圧側の平行二導体電極の距離を非常にはなした場合の実験を行ってみた。

この結果は高電圧を印加する二導体間の距離を 100cm 以上はなせば、高電圧側の電極

を一本にした場合とほとんど同じ放電電圧値を示すことがわかり、またこの場合二本の高電圧側電極は放電に関してお互に影響をおよぼしあわないともいえる。

これらの事項を基礎として第3～6図の実験結果を考察することにする。なお高電圧電極の二本の導体の放電する機会はほとんど同じ位で、どちらの円筒電極が放電しやすいというようなことはなかった。考察に当ってはどの図においても、ギャップの広さによって大体次の三つの領域に分け考えるのが都合よいようである。

- (Ⅰ) ギャップ長：0～10cm
- (Ⅱ) 〃 : 10～30cm
- (Ⅲ) 〃 : 30cm以上

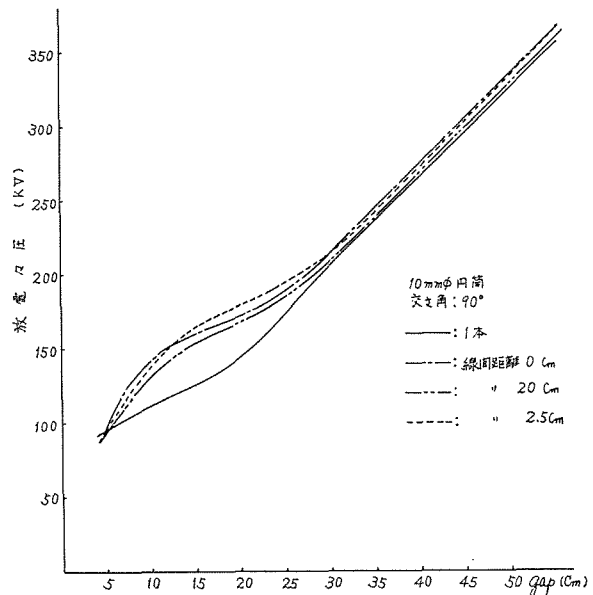
この各々について次節以下で考えてみる。

3.1. ギャップ長が0～10cmの場合

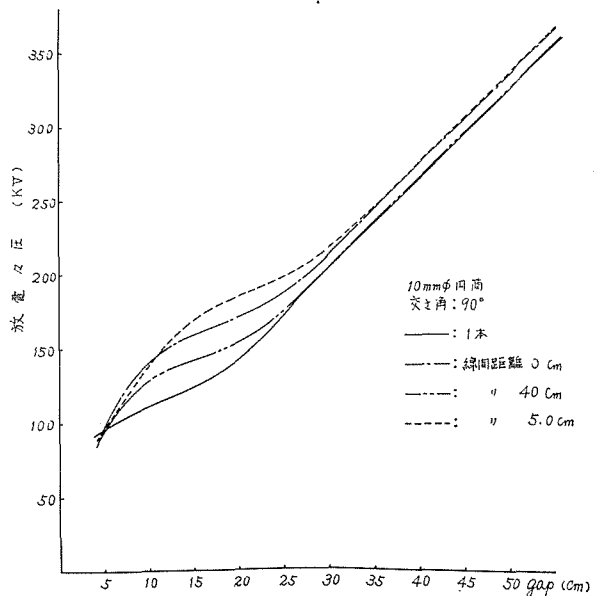
球ギャップの放電特性とくらべると球ギャップが平等電界範囲に属している部分にしている。前回報告した高電圧電極を一本にしたときも同じような傾向を示した部分で、交さ円筒電極でも平等電界を形成しているように考えられるが、放電電圧値が低く使用

した衝撃電圧発生装置では低い方の電圧はあまり細かくは測定できないので、今回の実験では只単に平等電界範囲の球ギャップの放電特性ににていることを指適するにとどめる。

3.2. ギャップ長が10～30cmの場合



第3図 交さ丸棒ギャップの火花放電値



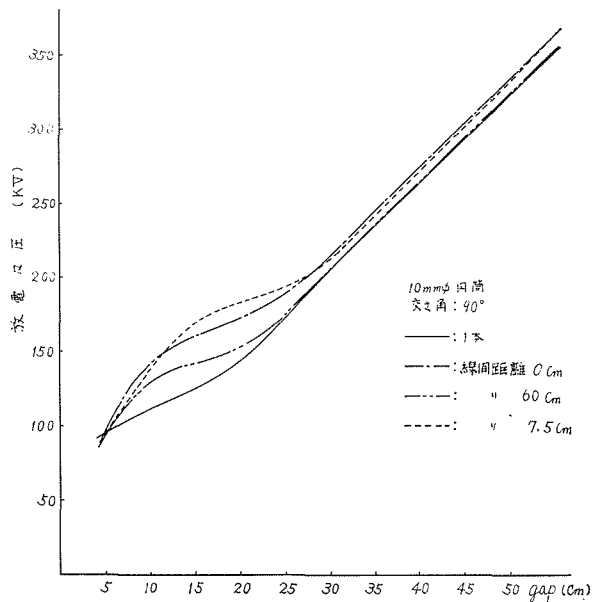
第4図 交さ丸棒ギャップの火花放電値

この範囲も球ギャップの放電においてもあらわれるような特性で、飽和するような形をとっている。この部分についてみると、上部にある二本の高電圧電極間の距離によって放電電圧値がいろいろに変化しているのがわかる。すなわち第3～6図をみて線間距離（以下二本の高電圧電極間の距離をいう）の大小による放電電圧値の差を比較して、その値の高い方からならべると、5, 7.5, 2.5, 0, 10, 20, 40, 60, 80, 100cmの順となり、一番低い値を示すのは線間距離を100cm以上にした場合と、高電圧側の電極を一本にした場合とで、この両者はほとんど一致している。それ故高電圧側が一本の場合は線間距離が無大と考えれば、一番低い値を示す曲線は100cm以上であらわすことができるわけである。

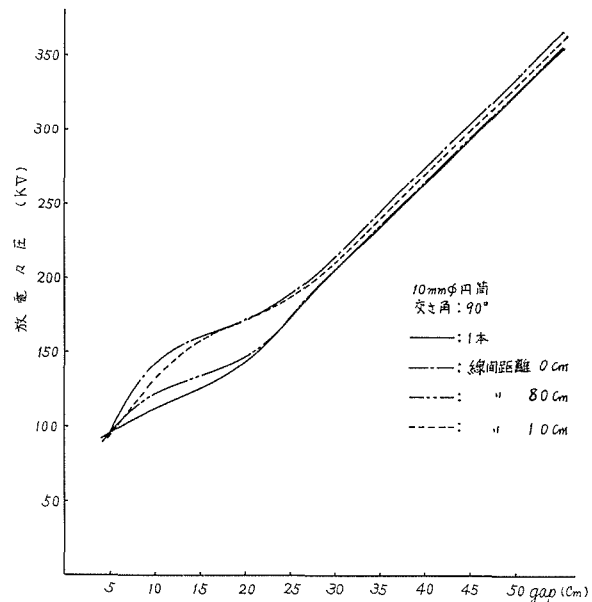
この結果からすれば高電圧電極の二本の導体間の距離が100cm以上では、お互いに他の導体によって放電電圧値が影響されることはなく、一本一本が独立に存在しているように考えても差支えないと思われる。

二本の導体間の距離が100cmより狭くなってくれば、お互いに影響を及ぼし合って電位の傾きが小さくなって放

電しにくくなり、放電電圧が上ると考えられる。たとえば二本の電極をくっつけたときは高電圧電極は直径1cmの円筒から長径が2cmで短径が1cmのだ円にふくれたように考えられ、電極が大きくなれば自然放電電圧値も高くなると考えればよいことになる。



第5図 交さ丸棒ギャップの火花放電値



第6図 交さ丸棒ギャップの火花放電値

3.3. ギャップ長が 30cm 以上の場合

第3～6図に示すように放電電圧値はギャップの長さの増加と共にほとんど直線的にふえるが、高電圧電極間の距離によって最大 10kV 程度の差がある。線間距離を零すなわち二本の高電圧電極を一緒にしたときが一番高く、線間距離を無限大すなわち高電圧電極を一本にしたときが一番低く、その他の線間距離の場合の放電電圧値はみなこの二本の直線の間に入る。

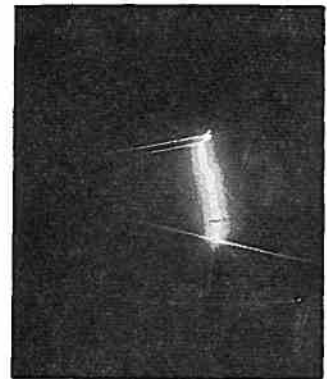
前節ではギャップの長さが 30cm 以下では、高電圧電極間の距離が 100cm 以上ならば高電圧電極が一本の場合と同じ結果であると述べたが、ギャップの長さが 30cm 以上になると、高電圧電極間の距離が 40cm 以上は一本の場合と同じ値を示しており、距離が 10cm と 20cm となったときの放電特性もほとんど同じである。距離がさらに狭くなって 7.5cm 以下になると、距離を零にしたときの値に近ずいてきて、一本のだ円形をしたやや太い電極があるときのような恰好になってくるものと考えられる。

ここでギャップ長の広い場合の放電特性の実験式を第3～6図から求めてみると第1表のようになり、どの特性曲線の傾斜もほとんど一定で平行である。また表には比較のため JEC 規格による標準角棒ギャップのフラッショーバの標準値⁽²⁾より求めた実験式と、針端ギャップの実験式⁽²⁾を示しておいた。

第7図には火花放電の模様を示した。ギャップ長が 30cm、線間距離 40cm、印加電圧は 221.5kV で正極性、標準波形の衝撃波である。

第1表 ギャップ長の広い範囲の放電特性の実験式

線間 (cm)	実験式 $V = A + Bd$ (KV) d: ギャップ長 (cm)
0	35 + 6.00d
2.5 , 5	32 + 6.04d
10 , 20	24 + 6.08d
40 , 60	24 + 6.02d
80 , 100	
∞ (1本)	
棒ギャップ	38 + 5.70d
針端ギャップ	18.4 + 5.01d



第7図 衝撃電圧による火花放電

ギャップ : 30cm
線間距離 : 40cm
電 圧 : 221.5kV

4. む す び

送電線路でみられる交さした複導体間の衝撃波電圧に対する 空気 の絶縁強度を実験的に求め次の結果がえられた。

(1) 交さ円筒電極においては高電圧電極の二線間の距離を 100cm 以上にすると、その衝撃電圧による放電特性は高電圧電極が一本の場合と同じになり、各々独立した二本の導体が存在するのと同様に考えられる。

(2) 放電特性の曲線はギャップ長により三つの部分に分けて考えられる。

ギャップ長が 0～10cm では球ギャップの平等電界の示す特性に近く、10～30cm では

高電圧電極間の距離により変った特性を示し、30cm 以上では標準棒ギャップの特性に似た傾向を示す。

最後にこの実験に対し熱心に協力された昭和36年度卒研究生佐藤吉平，中川明の両君に感謝する。

文 献

- (1) 高田・庄田・斎藤：交さ丸棒ギャップにおける高電圧放電現象，山形大学紀要(工学)第6巻，第1号 p.207.
- (2) 電気学会：放電現象
- (3) 電気学会：高電圧工学Ⅰ，Ⅱ.

Electric Discharge Phenomena Between Crossing Cylinders by Impulse High Voltage (II)

Shin-ichi SHODA, Jyuryo SAITO

Department of Electrical Engineering,

Faculty of Engineering

This is a report on some experimental results of electric discharge phenomena between crossing cylinders which are constructed with three electrodes of the same diameter 10 mm; the upper electrodes are of two parallel cylinders and the under one is of a single cylinder.

1. When the gap length between the upper electrodes and the under one is 100 cm or more, the electric discharge characteristic of the crossing cylinder in case of two high voltage electrodes in parallel is equal to that of the single one.

2. The electric discharge characteristic of crossing cylinders are divided into three parts by the gap length between the upper electrodes and the under one.

The first part is the range of the gap length 0—10 cm and the characteristic is found to be nearly equal to that of uniform electric field of sphere gap.

The second part is the range of the gap length 10—30 cm and the characteristic is found to be varied by the distance of high voltage electrodes.

The third part is the range of the gap length 30 cm or more, and the characteristic is found to be nearly equal to that of the standard rod gap.